PROPAGANDA D'ISTRUZIONE

BIBLIOTECA DEL POPOLO

Centesimi 15 il Volume

ILLUSIONI OTTICHE

OGNI VOLUME 15 CENTESIMI

Ogni volumetto consta di 64 pagine di fitta composizione, edizione stereotipa, e contiene un completo trattatello elementare di scienza pratica, di cognizioni utili ed indispensabili, dettato in forma popolare, succinta, chiara, alla portata di ogni intelligenza.

MILANO
SOCIETÀ EDITRICE SONZOGNO
14 — Via Pasquirolo — 14

ILLUSIONI OTTICHE [1]

Si dice comunemente che i sensi c'ingannano, e non pochi credono che in effetto l'inganno in cui noi cadiamo sia dovuto ad essi e solo ad essi. L'inganno invece è tutto della nostra mente, perchè noi, il più delle volte, ci atteniamo senz'altro alle nostre intime impressioni, prima ancora di esserci reso conto esatto delle condizioni in mezzo alle quali esse si sono svolte. I sensi risentono lo stimolo esterno, e null'altro; sta, poi, al nostro giudizio, nel riferire l'impressione provata alla realtà esteriore, il prestarle fede o no e, quindi, ritenerla o rettificarla. Quando manca questa riflessione della mente, e noi ci affidiamo soltanto alla impressione, cadiamo in inganno, ci illudiamo.

E le illusioni, alle quali ci menano i nostri sensi, sono assai molteplici e svariate, molto più di quanto potremmo imaginare, variando all'infinito le condizioni esterne in cui un corpo può impressionarci; sono tanto più numerose quanto più larga è la sfera d'impressionabilità del senso.

(1) Talune descrizioni d'apparecchi, non che speciali osservazioni, sono trascritte integralmente dagli autori, che ne hanno fatto menzione.

Il senso più suscettibile d'impressioni e quindi d'illusioni, è quello della vista. Ci proponiamo di parlare, entro certi limiti, delle *illusioni ottiche*, e delle più comuni.

⁂

A tutti è noto che le nostre sensazioni dipendono da certi organi particolari detti *nervi*; questi, terminando in apparecchî speciali, *organi dei sensi*, presiedono ad un particolare ordine di sensazioni.

Il nervo destinato a metterci in rapporto col mondo esterno, per mezzo dell'organo della *visione*, si chiama *nervo ottico*. Questo, partendo dal cervello, va a sfibrarsi nel fondo dell'occhio, formando una membrana delicatissima e sensibilissima chiamata *retina*. È questa la sede delle imagini dei corpi esterni, ed è soltanto sensibile all'azione della luce.

Però non è tutta egualmente sensibile; anzi la regione ove il nervo ottico entra nell'occhio manca di ogni sensibilità. Questo luogo si chiama *punto cieco*. Ecco come dimostrarne la esistenza.

Su un foglio di carta bianca si segnano due cerchietti neri tra loro lontani di pochi centimetri; poi, collocato il foglio alla distanza di sei centimetri dagli occhî, si chiuda l'occhio sinistro e col destro si guardi il cerchietto di sinistra e gradatamente si allontani il capo. I due cerchietti si vedono sempre entrambi, se non che, alla distanza di un quindici a venti

centimetri, improvvisamente il cerchietto di destra scompare. Al momento in cui questo cerchietto sparisce, l'imagine si forma precisamente là dove comincia a sfibrarsi il nervo ottico, cioè nel *punto cieco*.

La parte più sensibile della retina si chiama *macchia gialla*, di cui il centro, che gode il massimo di sensibilità, è detto *fossa centrale*.

Un urto, una puntura si traducono, nella retina, in fenomeni luminosi.

Nell'oscurità premendo col dito un angolo dell'occhio e guardando dalla parte dell' altro angolo, si distingue un cerchio di colori molto somiglianti a quelli della coda di pavone. Questo fenomeno luminoso, detto *fosfeno*, si spiega appunto per la compressione del dito, la quale, a traverso i mezzi costituenti l' occhio, arriva alla retina.

E chi non sa che un urto violento all'occhio *fa vedere le stelle in pieno giorno?*

Ad ogni movimento non normale dell'occhio non mancano di simili illusioni luminose, come anche per talune malattie; un male di stomaco, un forte dolore di testa, la pressione dei vasi sanguigni sulla retina, fosse pure istantanea, come per effetto di uno starnuto, ci fanno vedere come delle nubecoli bleu, che volgono, oscillando innanzi all'occhio, al roseo, al giallo ed anche al color rosso.

*
* *

Quando l'occhio fissa un oggetto senza attenzione della mente, l'oggetto sparisce e si ren-

dono piuttosto distinti quelli circostanti su cui lo sguardo non cade; e quando si va col pensiero e l'oggetto riapparisce, i corpi circostanti, che si distinguevano indirettamente, diventano invisibili. Il cacciatore che segue con lo sguardo fisso e con tutta attenzione il movimento di uno dei suoi cani, non vede più l'altro cane, abbenchè questo si trovi in condizioni d'essere distinto.

Per assicurarsi di questa illusione si metta un pezzettino di carta bianca sur un panno verde, e ad una distanza di dieci centimetri, sullo stesso panno, si metta una striscia piuttosto corta e stretta, pure di carta bianca. Alla distanza di un mezzo metro, guardando fissamente il pezzettino di carta,. e meglio con un solo occhio, poco dopo la striscia sparisce.

*
* *

Di due superficie e della stessa estensione, ma l'una oscura e l'altra chiara, ci apparirà più estesa quest' ultima.

Così guardando ad una distanza, anche minore di un metro, un disco bianco su fondo nero, segnato a canto ad un disco nero, dello stesso diametro, su fondo bianco, ci sembrerà più grande il primo, abbenchè della stessa estensione dell'altro.

Non è dissimile la illusione che si prova vedendo i quadrati bianchi della scacchiera più grandi di quei neri; anzi gli angoli dei quadrati bianchi si riuniscono e lasciano liberi i quadrati neri.

Le striscie circolari bianche di un bersaglio appajono più larghe di quelle nere; come gli astri ci sembrano più grandi nel loro diametro apparente; così ancora il filo sottile di una lampada elettrica ad incandescenza, quando è accesa, ci sembra più grosso. Le mani coperte da guanti neri, sembrano più piccole di quando sieno calzate con guanti chiari, in ispecie bianchi.

Volgete l'occhio alla luna quando non ha ancora compito il suo primo quarto, o qualche sera dopo il suo ultimo quarto, e la sua falce luminosa apparirà, per dimensione di diametro, più grande di quello del resto del disco illuminato dalla *luce cinerea*.

Tenete innanzi all'occhio un esile filo metallico e guardate il sole o altra sorgente intensa di luce; il filo metallico diverrà invisibile.

Se un disco opaco, messo innanzi ad una candela, la nasconde per metà al nostro occhio, esso apparirà fesso nel bordo che trovasi in direzione della fiamma.

Quante volte di notte abbiamo giudicato un lume in lontananza più grande di quello che fosse realmente.

Queste ed altre consimili illusioni, che vanno comprese sotto il nome generico di fenomeni di *irradiazione*, a dir vero non hanno avuto ancora una esatta spiegazione.

Per altro possiamo ritenere che tali fenomeni dipendono dalla propagazione della impressione prodotta dalla luce intensa sulla retina al di là della imagine formata.

Guardando una superficie luminosa a traverso una strettissima fenditura piazzata a piccola distanza dall'occhio, si distingue un gran numero di raggi oscuri paralleli alla fenditura. Questi raggi, allontanando gradatamente la fenditura dell'occhio, vanno diminuendo fino a sparire del tutto alla distanza della visione distinta.

Si ha ragione di credere che questi raggi sieno formati dall'ombra di un punto oscuro dell'occhio.

Le ombre sono lineari a causa della forma della fenditura; esse si riducono a dei punti quando la fenditura è un piccolissimo foro.

Se si guarda un oggetto brillante assai lontano, lo si vede come un punto da cui partono tanti raggi per ogni verso. Muovendo la testa, il sistema di questi raggi gira anch'esso. Nel senso verticale i raggi sono più lunghi degli altri. Il fenomeno è più distinto quando l'occhio è inumidito.

Una lunga via, fiancheggiata di case, alberi o colonne, sembra che vada sempre più restringendosi con la distanza. È questa una illusione dovuta al così detto *angolo visuale*, ch'è formato dai raggi luminosi che partono dall'oggetto e vanno alla *fossa centrale*. Per una medesima distanza, questo angolo cresce con la grandezza dell'oggetto, e per un medesimo oggetto decresce con la distanza. Di qui conse-

gue che gli oggetti appariscono tanto più piccoli quanto più sono lontani.

E non solo una via lunga pare restringersi, ma anche la si vede sollevata in lontananza, come sollevato si vede verso l'orizzonte il mare guardato dalla spiaggia.

È tutto effetto di prospettiva. È così che si spiega anche il moto delle nubi nel seguire l'apparente vòlta celeste. Dalle relazioni degli aereonauti apprendiamo che, ad un'altezza poco al di là delle nubi, queste appariscono come in superficie piana, e ad una altezza maggiore assumono la forma di una immensa conca; così pure, quando il cielo è limpido, si presenta la superficie della terra.

***

Convinti che un oggetto tanto più a noi è vicino quanto meglio ne distinguiamo le parti più minute, crediamo, in una bella giornata limpida, in ispecie dopo che la pioggia abbia lavata l'atmosfera, di vedere i monti più vicini a noi, sol perchè meglio ne distinguiamo i dettagli.

Ed un altro falso apprezzamento nello stimare le distanze o le dimensioni dei corpi ci viene dalla convinzione che un corpo luminoso, a misura che si allontana da noi, diviene meno chiaro; la quale cosa, se vera, può spesso trarci in errore, come ci sembra più lontano un oggetto visto a traverso un vetro bleu, che ne diminuisce la chiarezza.

Parimenti crediamo di trovarci più vicino ad

un monte dopo nevicato e giudichiamo una stanza più piccola dopo imbiancate le pareti. Di due luci viste durante la notte, la più lontana e più intensa per vivacità ci sembrerà la più vicina.

I pittori dipingono meno chiare quelle figure che vogliono far sembrare in maggior distanza.

La vòlta del cielo ci appare alquanto schiacciata perchè più chiara di quella ch'è all'orizzonte.

Comunemente sogliamo giudicare la grandezza e la distanza di un oggetto in rapporto ad oggetti riconosciuti, che si trovano tra esso ed i nostri occhî. Prova n'è il vedere il sole e la luna di grandi dimensioni all'orizzonte, molto ma molto più di quando si trovino in alto. Eppure la loro grandezza, in qualunque punto del cielo risiedono, è sempre la stessa, come possiamo assicurarcene guardandoli a traverso di un tubo, il quale impedisca di vedere la vòlta celeste e gli oggetti terrestri.

Un uomo visto sopra un declivio coperto di pietre o di piante, ecc., appare un gigante. La testa di un uomo che d'improvviso si presenti in una scena di burattini, presenterà le dimensioni di una grandezza colossale.

Sopra un muro bianco si pianti un'asticella di legno o di metallo, lunga circa otto centimetri, alla estremità della quale, con la cera, si attacchi una moneta da 10 centesimi. Di fianco a questa moneta se ne appiccichi direttamente sul muro una da 5 centesimi. Le due monete non devono presentare la faccia su cui

è segnato il rispettivo valore. Ora, se le si guardano a traverso un forellino circolare di un millimetro di diametro, praticato in un robusto cartoncino, non sarà più possibile distinguere la moneta da 5 da quella da 10 centesimi.

La distanza alla quale si devono collocare le monete dall'occhio dell'osservatore varia secondo la potenza visiva dello stesso; in media sarà tra i 15 ed i 25 centimetri. Diminuendo allora gradatamente la distanza, la moneta da 5 centesimi giunge a sembrare più grande di quella da 10.

In questa illusione, oltre alle altre ragioni, non è estranea quella che, pel giudizio delle dimensioni di un oggetto, occorre il confronto degli oggetti vicini.

Quando gli oggetti sono molto grandi, così che per guardarli in tutte le loro parti, l'occhio sia obbligato a muoversi sensibilmente, il giudizio della grandezza dipende dai dettagli, i quali, quanto più sono numerosi, tanto più concorrono al detto spostamento. È per questa ragione che gli edifizî detti gotici, per la loro speciale architettura, appariscono più grandi, più elevati.

La conoscenza esatta della grandezza di un oggetto concorre a farci giudicare delle dimensioni di un oggetto vicino; così, per esempio, entrando nella chiesa di San Pietro in Roma, non restiamo immediatamente sorpresi della vastità di quell'edifizio, anzi ne restiamo in parte delusi; ma se scorgiamo da lontano un uomo, tosto ne comprendiamo e ne ammiriamo quella immensità di proporzioni.

*
* *

L'occhio non può darci immediatamente la rappresentazione della forma di un oggetto, perchè la sua imagine sulla retina non ha che le sole dimensioni della lunghezza e della larghezza. Se l'oggetto è vicino e relativamente piccolo, è sufficiente l'impiego dei due occhî e l'ombra a caratterizzarne la forma; se è lontano, questa sarà il risultato del confronto di impressioni diverse ricevute in tempi diversi ed in posizioni differenti. Il sole ci sembra un disco, eppure è una sfera.

La mancanza d'ombra non ci fa giudicare del rilievo. Illuminando egualmente due superficie ad angolo, esse ci appariranno in piano. Su questo fatto poggia un fotometro.

Egli è per la mancanza di ombre che spesso si crede di camminare con sicurezza sul piano di un ghiacciajo e si è, invece, presso l'orlo di un abisso.

L'arte di ombreggiare un disegno in piano per avere la illusione del rilievo ha le sue regole fisse, che costituiscono la base della prospettiva.

Fra le tante illusioni sorprendenti che la prospettiva sa produrre vi è quella, per esempio, di dare una direzione apparente agli occhî di un ritratto, così che essi vi guardano sempre ovunque poteste mettervi a considerarli. L'occupare le pupille giusto il mezzo del bianco dell'occhio e la posizione della figura concorrono a questo effetto.

Un pittore dipinse un cacciatore col fucile spianato verso l'osservatore che lo vedeva sempre diretto contro di sè in qualunque posto si mettesse a guardarlo.

L'ombra projettata in modo speciale può anche dare occasione a curiose illusioni. Se si fa cadere obliquamente la luce sulla matrice di una medaglia, così da produrre delle ombre fortemente accentuate e la si guarda con un occhio solo, si ha l'illusione di vedere la stessa medaglia come illuminata dal lato opposto.

Per la stessa ragione, appunto cioè per gioco di luce, accade talora di vedere in rilievo le impronte di passi sulla sabbia.

La luna, osservata di giorno con un canocchiale astronomico, presenta spesso una inversione di rilievo.

Illusioni di apparenza di rilievi ed anche di cavi ce le danno certi pezzi di legno levigato e lustrato, dei pezzi di calcedonia, l' interno delle conchiglie di madreperla, tutti quegli oggetti, insomma, che presentano delle striature, dei nodi, dei colori più o meno vivi che la massa circostante.

Un paesaggio rende le sue maggiori attrattive alla vista nelle prime e nelle ultime ore della giornata, anzichè quando il sole si trovi molto alto, perchè allora l'armonia ed il distacco dei luoghi in luce e di quelli in ombra, oltre che dar maggior rilievo, allietano e riposano l'occhio.

Tenendo assai bassa orizzontalmente una riga, ci apparirà leggiermente curva con la convessità in basso, e viceversa tenendola molto in alto.

Un divertimento di società molto conosciuto consiste nello invitare qualcuno a giudicare ad occhio l'altezza del cappello a cilindro portato in testa da voi, e poi segnarla sul muro, a partire dal pavimento. Quasi sempre si segnerà un'altezza una volta e mezza quella reale.

Due linee rette parallele e vicine, l'una terminata con due appendici rivolte in dentro, l'altra con le stesse appendici, ma rivolte in fuori, quest'ultima sembrerà più lunga della prima.

Tirate delle linee, che partano da una stessa retta orizzontale e convergano obbliquamente in un punto, così da raffigurare una strada in prospettiva; la parete che fiancheggia questa strada, sia anch'essa intersecata da linee, che partenti da una certa distanza fra loro concorrano pure nello stesso punto; disegnando in nero tre figurine, l'una appresso l'altra sulla detta strada e di grandezza così che la più bassa sia di 2 millimetri più lunga di quella che apparisce più in alto, e perciò più lontana, l'ultima di queste figurine sembrerà più lunga della prima.

La mancanza dell'accordo fra le tre figurine e la prospettiva, non che la nostra abitudine di vedere gli oggetti farsi più piccoli quanto più si allontanano da noi, bastano a darci la spiegazione di questa illusione.

Disegnando dal mare, a mano libera, una costa molto frastagliata e dirupata, si trova, dopo fatta con la scala metrica la verifica delle misure, che le dimensioni verticali sono, rispetto alle orizzontali, più alte circa del doppio.

Due trapezî identici per dimensioni, disegnati così che risultino sulla stessa linea due loro lati non paralleli, l'inferiore sembrerà più grande dell'altro.

Dato due rette tra loro perpendicolari, se si dividono due angoli opposti con un certo numero di rette passanti per il vertice comune, ci sembrerà come se fossero divenuti un po' più grandi, forse perchè, siccome quando più grande è una cosa, più è divisibile, noi crediamo, dal vedere i due angoli opposti realmente divisi, mentre gli altri due non lo sono, che quelli sieno in effetto un po' più grandi di questi.

Parimenti una retta divisa in parti uguali sembra più lunga di un'altra della stessa lunghezza ed indivisa.

Non diversamente si spiega la illusione di giudicare una camera più grande quando è ammobiliata che quando è vuota, ed un muro più grande quando è dipinto a tinte oscure che quando lo è a tinte chiare.

La stessa illusione si ha per le superficie risultanti da linee in diverse direzioni. Due eguali quadrati formati da parallele, l'une verticali, l'altre orizzontali, ci sembra il primo più alto, il secondo più lungo.

I pantaloni a righe longitudinali fanno parere le gambe più lunghe.

Una larga striscia nera attraversata molto obliquamente da un sottile rigo nero, fa parere che i due segmenti in cui questo si divide non sieno più nella stessa linea.

Una simile illusione si ha operando in questo

modo. Traforate un biglietto da visita con linee uguali e parallele e fate ruotare, per di dietro, una striscia di cartoncino intorno ad uno spillo piantato ad un angolo del detto biglietto. Quanto più la listarella di carta si trova obliqua alle incisioni praticatevi, tanto più sembrerà formata di lineette che non sono sul prolungamento l'una dell'altra.

Si segnino sulla carta due linee rette parallele intersecate alla metà normalmente da un segmento e su ciascuna loro metà si tirino, all'infuori, dei piccoli tratti uguali, equidistanti ed egualmente e simmetricamente inclinati. Secondo il senso della loro inclinazione, se convergono verso i punti d' intersezione, le parallele sembrano divergenti; se all'opposto, sembrano convergenti.

Una analoga illusione, ma più spiccata, è quella di una serie di linee parallele, piuttosto marcate, poco lontane fra loro, ed intersecate ciascuna da piccoli tratti paralleli, uguali ed obliqui, ad inclinazione alternativamente inversa. Sembrano l'una dall'altra convergenti e divergenti e l'illusione è più rimarchevole se le si tengono inclinate di 45 gradi all'orizzonte. Presentano ancora quest'altra illusione. Facendo camminare una punta di spillo trasversalmente alle striscie e seguendo la punta, pare che esse si muovano, cioè alternativamente l'una sale e l'altra scende.

Segnata una linea retta, si faccia centro alla distanza di un sei centimetri da questa, e si descriva, con apertura di compasso di 8 centimetri

un arco di cerchio, seguendone con lo sguardo la punta; si vedrà che alle sue intersezioni con la linea, questa parrà inclinata verso il centro.

In tutte le illusioni prodotte da linee rette, in particolare, si noti che, per osservarle bene, occorre che lo sguardo sia indiretto.

Di queste ed altre illusioni le cause sono sempre molteplici e non sempre se ne può discernere la principale; parecchie, poi, sono affatto individuali.

La illusione prodotta dalle linee oblique sulle parallele è ben nota ai disegnatori, i quali ne traggono profitto o evitano effetti spiacevoli all'occhio.

*
* *

Alle volte l'occhio può essere messo in incosciente vibrazione e produrre così delle illusioni di moto. Guardando da sopra un ponte per disotto del quale passi un treno ferroviario piuttosto lungo e non animato da grandissima velocità, subito dopo il passaggio la via sembra fuggire con vivacità nel senso contrario.

E chi non ha provato la illusione dell'*altalena diabolica?* Standо seduti comodamente e fermi su un sedile tenuto sospeso con corde ad un asse che attraversa la stanzetta, la quale è mobile intorno a un pernio invisibile, si crede di girare intorno a sè stessi, mentre è la cameretta che gira.

I ballerini, dopo aver danzato per qualche tempo e rapidamente per lo stesso verso, sen-

tono il bisogno di chiudere gli occhi, oppure invertire il senso del giro per non vedere la ridda turbinosa degli oggetti circostanti.

Facendo girare sul proprio asse un disco di cartone bianco in cui sia dipinta in nero una spirale piana, questa apparirà dilatarsi o contrarsi di una maniera continua, secondo il senso della rotazione. Se si ferma bruscamente il disco, la spirale per un momento dà l' illusione contraria a quella che dava durante il movimento; cioè si contrarrà se si dilatava, e viceversa.

Un cilindro capace di riflettere la luce e lavorato a spirale in rilievo, fattolo ruotare nelle nostre mani sopra sè stesso sembrerà progredire per un verso o per l'altro secondo il senso della rotazione.

In certi orologi da salotto, delle bacchette di vetro lavorate a spirali imitano dei getti d'acqua in azione.

Viceversa se si sposta parallelamente a sè stessa una simile bacchetta, sembrerà che ruoti sopra sè stessa.

Una simile illusione dà la fune d'acciajo delle funicolari.

Un anello di vetro così lavorato e di colore molto oscuro, fattolo ruotare intorno ad una bacchetta, lo si vede, nella rotazione, allungato nel senso verticale. Più sorprendente è l' illusione se l' anello è formato di fili metallici di acciajo brunito e di argento.

In gran parte siffatta illusione è dovuta alla riflessione della luce, che, avvenendo sulla parte esterna dell'anello ed interrottamente, determina

l'occhio a seguire i punti brillanti e perciò a metterlo in vibrazione.

Si disegni sopra un foglio di carta un cerchio e sopra un cartoncino nero si tagli una fenditura lunga un tre volte il diametro e si sovrapponga al cerchio. Si tenga immobile il cartoncino e si dia al foglio sottostante un movimento di va e vieni diretto perpendicolarmente alla fenditura, così che a ciascuna oscillazione le differenti parti del cerchio appariscano tutte successivamente. In queste condizioni il cerchio presenterà la forma di una ellisse di cui il grande asse sarebbe nel senso della fenditura. Se il cerchio passa lentamente dietro la fenditura, sembrerà, al contrario, allungato nel senso del movimento.

Quando gli oggetti sono mobili permanentemente, è difficile di mantenere esatto un giudizio tra il riposo ed il movimento. Così volendo traversare un torrente, passando sopra una trave, bisogna evitare di guardar l'acqua se non si voglia cadere in essa.

Andando in bastimento, le lampade sospese a cordoni non che gli oggetti portati da anelli di Cardano sembrano oscillare, laddove è il bastimento ch'è in oscillazione.

Fatevi a guardare con attenzione, durante due o tre minuti, dell'acqua che viene giù da una cascata, e poi volgete lo sguardo a delle roccie situate a poca distanza, le vedrete muoversi verso l'alto.

Sempre sotto un'attenzione continua e concentrata, dopo aver fissata la linea mediana di

una rapida corrente di fiume, l' acqua delle sponde vi sembrerà rimontare verso la sorgente.

Allorchè viaggiando in treno celere lo sguardo per qualche tempo ha fissato la campagna e gli oggetti che rapidamente si allontanano e poi fissa i compagni di viaggio, questi sembreranno muoversi ed avanzarsi.

Quando discendiamo sopra una via in dolce pendio e se ai fianchi si trovi un ruscello che ha una pendenza meno forte di quella della strada, ci sembra, sovente, che questo ruscello scorra verso la parte della sorgente.

Una bella illusione, dipendente dalla inclinazione della via e dai fianchi che formano le mura delle vasche d'acqua delle celebri cascate dei giardini di Caserta, è quella di vedere inclinata la superficie libera delle acque delle dette vasche.

***

L'imagine sulla retina non ha la stessa durata di quella della presenza del corpo che la produce. Tolto il corpo dinanzi all'occhio, la sua imagine persiste per circa un altro decimo di minuto secondo, così che, se dinanzi al nostro occhio si fa apparire, dieci volte per secondo, lo stesso oggetto, noi perdiamo la nozione della discontinuità.

E veramente la durata della impressione varia con la vivezza della luce radiata dall' oggetto, con lo stato d'illuminazione dello spazio circostante, col colore della luce ed altre circostanze ancora.

È per effetto della durata della impressione

sulla retina che, facendo muovere rapidamente innanzi all'occhio un oggetto luminoso, noi non possiamo precisarne la forma, chè anzi ne vediamo una zona luminosa, la quale può darci tutto l'aspetto di un anello lucente, se diamo all'oggetto un moto di rotazione. In questo movimento il corpo ignescente passando da un punto all'altro successivamente nello spazio per ritornare al punto di partenza in un tempo minore di un decimo di secondo, ne viene che sulla nostra retina le imagini persistono e perciò l'occhio si trova nella illusione di vedere un anello luminoso.

Non altrimenti avviene se si faccia passare più volte di seguito e rapidamente un carbone acceso dietro una piccola apertura; questa sembrerà costantemente illuminata.

Per la stessa ragione abbiamo l'apparenza di fili liquidi e di striscie bianche che assumono le stille di pioggia ed i chicchi di grandine; non che quelle di striscie luminose, che solcano in alcune notti la vòlta del cielo, dovute agli aereoliti; come ancora le code luminose dei razzi pirotecnici e delle ruote infuocate.

La linea splendente del lampo non è che una scintilla che rapidamente si propaga. La lampada ad incandescenza, resa luminosa da *correnti alternate*, ci sembrerà di una luce fissa, mentre è un continuo accendersi e spegnersi.

Scuotete una verga elastica di cui un capo sia fisso e l'altro porti una pallina di vetro inargentata internamente; questa pallina descriverà una linea luminosa dovuta alla rifles-

sione della luce, curva, continua, rientrante in sè stessa. La curva varierà di forma secondo le dimensioni della verga. Un tal fatto ha dato origine ad esperimenti bellissimi per studiare la composizione dei moti oscillatorî.

Il *fotometro* di Wheatstone poggia appunto sull' apparenza d'una striscia luminosa, che dà una pallina inargentata o di acciajo brunito, obbligata a descrivere una curva speciale.

Non altrimenti si spiega l'apparenza di fuso che dà una corda vibrante tenuta ferma ai suoi capi.

Fissate un filo metallico su una trottola, così che resti inclinato rispetto al perno e fatela girare; crederete di vedere un vaso di vetro.

Nell' insegnamento delle scienze naturali si usa un apparecchio a forza centrifuga, destinato a dimostrare lo schiacciamento della terra, formato di due cerchi elastici di acciajo o di ottone, che rappresentano due meridiani terrestri perpendicolari fra loro. Quando si fa girare il sistema rapidamente intorno alla linea che rappresenta l' asse della terra, la forza centrifuga fa loro prendere una forma ellittica, che ben si distingue per la luce riflessa dalle striscie metalliche.

La persistenza dell' imagine di un oggetto sulla retina, anche dopo che questo non irradî più luce, è dimostrata dal fatto che il continuo alzarsi ed abbassarsi delle palpebre non interrompe punto la visione.

Savart ha fatto una bella applicazione della durata della impressione sulla retina per dimo-

strare che la parte torbida di un getto liquido è dovuta alla discontinuità delle goccioline che lo formano. Dietro una vena liquida verticale faceva muovere un nastro senza fine, portato da due rulli, ai quali era impresso un movimento rapido di rotazione. Questo nastro era nero e portava delle bande bianche trasversali di un centimetro di larghezza e lontane fra loro di sette centimetri. L'esperimento veniva fatto al bujo ed illuminato dalla scintilla elettrica. L'acqua essendo fortemente annerita, quando la velocità del nastro ascendente raggiungeva quella della vena, le bande bianche arrivavano ad un'altezza data al momento in cui arrivavano egualmente gli spazî compresi fra due stille, e si scorgeva una serie di bande nere separate da bande bianche e sembravano assolutamente fisse.

*
* *

L'occhio si accorge del movimento di un oggetto, per lo spostamento della visuale che ad esso riferisce; e come questo spostamento può nascere tanto dall'occhio in moto che dall'oggetto, o da tutti e due insieme, così si genera una serie di moti apparenti, i quali, nel caso dello spostamento dell'occhio, sono in direzione contraria del movimento reale dell'osservatore.

Chi ormai ammette più la terra fissa? « Se troppo crede al ciglio, colui che va per l'onde, invece del naviglio vede fuggir le sponde. »

Delle nubi che passano innanzi alla luna ci fanno invece sembrare questa in movimento.

Pare che a tale illusione contribuisca anche il fatto dell'esser più agevole a concepire il movimento rapido di un piccolo oggetto, come la luna, anzichè quello di uno grande, come le nubi.

Viaggiando in carrozza chiusa si crede di star fermi e di vedere in moto gli oggetti di fuori. Se il movimento della carrozza si accelera gradatamente, come andando in ferrovia, e se voi fissate un punto lontano vi sembrerà vedere gli oggetti vicini venirvi incontro ed i lontani girare lentamente intorno al punto fissato e secondo il senso del moto della carrozza.

Ed oppostamente quando un treno ferroviario si mette in moto, mentre voi state in un altro vicino fermo, quest'ultimo vi sembrerà in moto e quello fermo.

Un treno che cammini un poco in avanti a quello nel quale voi vi trovate, vi sembra che si muova lentamente.

Non è rara la illusione del moto apparente di un oggetto, prodotto dal simultaneo movimento dell'occhio e dell'oggetto stesso.

È il caso di due treni ferroviarî, che si incontrano in movimento, per la qual cosa ogni viaggiatore crede che la propria carrozza stia ferma e che l'altra cammini con velocità molto più rapida.

Le onde del mare sembrano avanzarsi verso il lido, eppure esse non sono dotate di movimento di traslazione.

Tre ruote identiche per grandezza, ma munite

di numero diverso di denti e giranti tutte sullo stesso asse e per lo stesso verso, sembrano non essere animate dal medesimo movimento.

Si imagini una ruota fissa sopra un pernio verticale, intorno al quale giri orizzontalmente un' asta, sulla quale, mediante un pernio a questa perpendicolare, è tenuta una ruota di cui i denti ingranano con quelli della già detta da un lato, e dall'altro lato, sempre sulla lunghezza dell' asta, coi denti di tre ruote indipendenti fra loro, ma portate da uno stesso pernio. Queste tre ruote hanno, quella di mezzo 20 denti, quella di sopra 21 e la inferiore 19. Mettendo in rotazione l'asta, è chiaro che queste tre ruote gireranno nello stesso senso, ma per la diversità del numero dei denti, la ruota di mezzo sembrerà immobile e le altre due appariranno girare in senso inverso fra loro.

Un disco diviso in settori, alternativamente bianchi e neri, in rapida rotazione apparirà di color grigio.

Girando il disco all' oscuro, se improvvisamente è illuminato da una scintilla elettrica, o da un lampo, apparirà fermo, perchè un punto della sua periferia per spostarsi anche di poco, ad onta della velocità del suo moto, impiegherà sempre maggior tempo della durata della scintilla elettrica. Imaginiamo, pertanto, che delle scintille elettriche si succedano periodicamente ad intervalli regolari, eguali ai tempi impiegati dal disco per fare un giro completo; questo si troverà rischiarato in una maniera intermittente, ma ciascuna scintilla illuminandolo

sempre nella stessa posizione, sembrerà ancora in una immobilità completa e noi lo vedremo di una maniera permanente. Se poi gli intervalli delle scintille sono un poco maggiori, l'illuminazione allora sarà un poco in ritardo su ciascuna rivoluzione, e i settori sembreranno in tal caso camminare con lentezza nel senso del movimento reale. Se al contrario gl'intervalli sono minori, l'illuminazione sarà in anticipo ed il disco sembrerà camminare indietro. Nell'uno e nell'altro caso la sua velocità sarà più o meno grande, secondo che il disaccordo sarà più o meno sensibile.

Di notte un uccello che voli, al chiarore del lampo apparirà fisso.

Sul fatto della fusione dei colori, o meglio della fusione delle sensazioni colorate, a mezzo del disco girante, poggia la bella esperienza del Newton per la ricomposizione della luce bianca. Prima il Padre Grimaldi da Bologna e poi il Newton distinsero nella luce solare sette specie di colori e cioè: *rosso*, *ranciato*, *giallo*, *verde*, *azzurro*, *indaco*, *violetto*. Ora se si divide un disco in altrettanti settori e dell'ampiezza proporzionale alla estensione che i detti colori occupano nello *spettro solare* (1), e li si colora nello stesso ordine enunciato, facendolo ruotare sul proprio asse, il colore risultante è tanto più

---

(1) Ecco prossimativamente l'estensione di ciascun colore nel disco girante, ricordando che la circonferenza si divide in 360°: rosso 56°, ranciato 27°, giallo 27°, verde 46°, azzurro 48°, indaco 47°, violetto 109°.

prossimo al bianco quanto più fine, per qualità, è la tinta usata.

Ma non occorrono tutti e sette i colori per avere la illusione del bianco; ne bastano due. In generale due colori si dicono *complementari*, quando fusi danno il bianco.

Si divida in quattro settori uguali un disco, colorandoli alternativamente l'uno rosso e l'altro azzurro verdastro; facendolo ruotare si avrà il bianco.

Sono anche complementari l'arancio e l'azzurro, l'indaco ed il giallo, il violetto ed il giallo verdastro.

Ordinariamente il bleu ed il giallo, nella pittura, danno il verde, eppure sono complementari. Poggiate sopra una tavola nera due dischi colorati, l'uno col giallo di cromo, l'altro col bleu azzurro di cobalto; tra essi fissate verticalmente una lamina di cristallo e ponete l'occhio in modo che l'imagine di uno dei dischi visto per riflessione si sovrapponga all'altro disco veduto a traverso il cristallo. I due colori si troveranno così mescolati nell'occhio e si vedrà un disco bianco. Se le mescolanze delle sostanze bleu e gialla danno il verde, egli è perchè le particelle traslucide sono attraversate dai raggi luminosi, che riflettendosi ad una certa profondità, si mescolano con quei colori che provengono da una decomposizione per assorbimento.

Il metodo anzidetto può servire anche a trovare l'effetto della mescolanza di due colori qualunque. Al riguardo si può raggiungere lo

stesso scopo e forse con maggior vantaggio col metodo seguente. Si faccia un disco di cartone di un 10 centimetri di diametro, e se ne attraversi il centro con un cilindretto di legno, che esca dalla parte inferiore per circa 3 centimetri, e lo si fissi con ceralacca. Si ha così una specie di trottola, che girerà facilissimamente. Si tagli poi della stoffa grande quanto è il disco e, foratala nel mezzo, la si fissi con spilli sul detto disco. Facendo girare la trottola si avrà una idea chiara del colore a cui si potrà meglio addire quello p. e. di una orlatura. Per essere sicuri del risultato, si fissi mercè spilli verso il bordo un pezzettino di stoffa, che dovrà servire per l'orlatura, della grandezza di un piccolo quadratino. Se la scelta è stata adatta, nel girare la trottola si vedrà un sol colore, o un colore risultante dalle due tinte, le quali verranno modificate col variare della stoffa fino ad avere quell'armonia che piacerà al nostro occhio.

Se si dipinge una stella colorata sopra un disco bianco o di qualunque colore, nella rotazione il centro apparirà del colore della stella, la parte periferica presenterà il colore del fondo e le parti intermedie assumeranno il colore dato dalla mescolanza dei colori usati.

Sullo stesso asse di un disco diviso in settori diversamente colorati, si adatti, a pochi centimetri di distanza, un altro disco a dolce sfregamento, munito in un punto della periferia di un'appendice di carta, o di qualche pezzettino di trina per presentare una certa resistenza all'aria e quindi girare meno rapidamente.

Questo secondo disco porta delle aperture di diverse forme. Nella rotazione si vedranno moltiplicarsi queste aperture, e per effetto dei diversi colori del disco posteriore si scorgerà una figura screziata, che sembra ora muoversi con moto continuo, ora andare a salti.

Innanzi ad uno schermaglio bianco fissato al muro si adatti, su un tavolino, un pezzo di cartoncino piegato ad angolo come un paravento, su ciascuna delle faccie del quale sia intagliata una stella a quattro raggi, in modo che i raggi dell'una sieno obliqui a quelli dell'altra. Si illuminino questi intagli con due candele, così che le loro projezioni si sovrappongano sullo schermaglio, da prendere l'aspetto di una stella ad otto raggi. Allora mettendo un vetro azzurro verdastro innanzi ad una delle stelle del paravento, si vedrà, nella projezione, una stella di tre colori e propriamente le punte saranno alternativamente rosse e verde-azzurro ed il centro bianco.

In luogo del paravento sospendete innanzi ad una delle candele un corpo opaco, per esempio una figurina di cartone, e si vedranno sullo schermaglio due ombre. Mettendo un vetro rosso tra la figurina e la candela più vicina, si osserverà l'ombra corrispondente di un color rosso e dopo aver ben fissato lo sguardo sull'altra ombra, questa apparirà di colore azzurro verdastro.

***

Sul fatto dei colori complementari in ordine all'armonia, in generale, dei colori, fu eseguito

fra gli altri il seguente esperimento. Tenendo bene fissa la testa di un osservatore, gli si faceva vedere con un solo occhio, per alcuni istanti, un bottone metallico rilucente.

Indi, mediante una molla, si faceva apparire accanto al bottone un dischetto di un azzurro verdastro vivacissimo. In meno di un mezzo minuto spariva quel dischetto, che ricompariva dopo un battere di ciglia, ma di color grigio. Allora rapidamente alla superficie azzurro-verdastra si sostituiva una bianca, la quale all'occhio dell'osservatore appariva di color rosso, cioè del colore complementare dell'azzurro-verdastro. Ma al primo battere di ciglia il rosso tornava bianco.

Da questo esperimento si deduce che l'occhio, impressionato da un colore è disposto a vederne il complementare, ossia che l'occhio da per sè stesso trova gli elementi della sensazione del bianco.

E che sia così, dipingete dei quadrati delle stesse dimensioni, con colori che due di essi sieno complementari, ed invitate qualcuno ad aggrupparli a coppie, da produrre al suo occhio l'effetto più gradevole. Le coppie indubitatamente saranno formate da colori complementari, ed è sorprendente che, in questa classifica, le donne riescono meglio.

Un medesimo corpo illuminato da differenti sorgenti luminose può presentare successivamente dei colori differenti, gli spettri formati da queste diverse sorgenti non essendo composti dai medesimi colori nelle medesime proporzioni.

Egli è per questo che i corpi verdi alla luce del giorno, sembrano bleu a quella di una lampada, i raggi gialli essendo più numerosi nello spettro della fiamma che in quello solare.

Certi verdi d'acqua sembrano rossicci alla fiamma. Un corpo che sembra bianco prima del levare del sole è bluastro in pieno giorno; se è bianco alla luce di una fiamma, è giallo o bruno ai raggi solari. Le tinte brune sembrano molto bianche alla fiamma del lume. Al chiaro di luna la maggior parte degli oggetti prendono delle sfumature ben diverse da quelle di giorno.

La fiamma a spirito di vino misto a sale da cucina emette quasi tutti raggi gialli, e perciò se si rischiara con questa fiamma, i sette colori principali dello spettro, il giallo, l'arancio ed il rosso sembrano gialli e gli altri neri o grigi, perchè essi non ricevono raggi che sono capaci di riflettere. Con una simile fiamma il viso prende una tinta livida, i raggi rossi che la pelle è propria a riflettere mancano in questa fiamma.

Un oggetto a qualche metro tuffato nelle acque del mare è di un color cremisi alla parte superiore, mentre la inferiore sembra verde.

La bella luce bleu che illumina l'interno della grotta azzurra nell'isola di Capri è dovuta alla riflessione sulle molecole dell'acqua, dei raggi luminosi che penetrano nel mare per l'apertura angusta per la quale entrano le barchette, e che non lascia passare che una debole quantità della luce diretta.

La *fotografia animata,* oltre alla parte dilettevole, ha potuto supplire a certe imperfezioni dell'occhio, concorrendo all'avanzamento delle scienze sperimentali e dell'arte. Essa fissa automaticamente con serie d'imagini fotografiche, succedentisi a brevissimi intervalli, delle fasi di un movimento, che sfuggono all'occhio, come per esempio il volo degli uccelli, i varî atteggiamenti del salto e via dicendo. Queste imagini fissate su una banda che si fa scorrere rapidissimamente innanzi all'occhio con un mezzo speciale, riproducono al vero, senza la minima alterazione, il movimento completo d'un corpo.

Per quanto artista la mano che possa eseguire tale serie di imagini, non giungerà mai alla precisione ed alla esattezza della fotografia animata, che coglie la natura nel fatto. Si ripeteva da tutti, per esempio, che il gatto in qualunque posizione lasciato cadere dall'alto, sarebbe sempre arrivato a terra dritto sulle zampe; ma mancava la prova. La fotografia animata fa vedere passo passo come il gatto, lasciato cadere col dorso rivolto al basso, nella caduta si rivolge e cade dritto.

Si sono fotografati i movimenti successivi elementari delle labbra di un uomo che parla, così da intuirne la parola quando l'occhio li vede scorrere rapidamente sotto di esso. Possiamo ben dire che si fotografa la parola!

Accenneremo ai principali apparecchî desti-

nati a queste sorprendenti illusioni, ricordandoli come più opportunamente crederemo.

***

Il più semplice tra essi è il *Cinematografo da tasca*, consistente in un pacchetto di fogli di cartoncino della grandezza poco più piccola di quella delle carte da gioco e della stessa elasticità, su cui sono impresse delle posizioni successive di una scena, per esempio, di un saltatore. Fissando un capo del pacchetto con un fermaglio, lo si tiene colla mano sinistra, e si fa scorrere sull'alto capo rapidamente il pollice, così da sfogliare il pacchetto come se fosse un libro; guardando le figurine si ha la illusione completa del movimento.

Il *Taumatropo* dà anch'esso una bellissima illusione ottica.

Risulta di un disco di cartone su un lato del quale è disegnato, per esempio, un uccello, sull'altro una gabbia, e lo si fa ruotare intorno ad un asse formato da due cordoncini. Nella rotazione le due imagini si fondono in una sola e voi vedete l'uccello nella gabbia.

La rotazione, per altro, in questo ed altri simili apparecchi, non dev'essere tanto rapida, perchè la percezione non è istantanea; tanto vero che non ci è dato scorgere, per la sua grande celerità, una palla di cannone, che passi trasversalmente innanzi agli occhi, nè i raggi di una ruota che giri celeremente. E tanto la palla che i raggi della ruota essendo oscuri, nel

loro rapido muoversi lasciano distinguere gli oggetti luminosi che stanno dietro di essi.

Il taumatropo può essere ancora fatto da due banderuole che s'intersecano per metà ad angolo retto e ruotanti intorno ad un asse verticale, che passi in un tubo che si trovi lungo la loro comune intersezione. Su ciascuna delle quattro faccie si dipinge una delle fasi dell'azione che si vuol riprodurre. Il tutto si mette in rotazione o con la mano o con un cordellino avvolto sul prolungamento del tubo.

Il *Cromatropo* risulta di due dischi di vetro sovrapposti giranti in senso contrario, che portano dipinti dei raggi verdi di differenti colori, i quali, incrocicchiandosi, producono degli effetti svariati.

Piazzando questi dischi in un fascio di luce divergente, ottenuto a mezzo di una lente, si projettano queste imagini mobili sopra uno schermo.

Accenneremo anche al *Fenachistiscopio* di Plateau. Sopra un disco di cartone si disegni una medesima figura in giro, nelle diverse posizioni che deve prendere per eseguire un movimento completo, sopra un altro disco più grande si pratichino altrettante aperture. Poi fissati entrambi agli estremi di un asse e con un molinello a due ruote, dando loro rotazione opposta, nell'appressare l'occhio alle fenditure si vedrà la figura come animata eseguire quel movimento.

Se il numero delle fenditure è minore o maggiore di quello delle figure, queste appariranno camminare indietro o nello stesso senso del disco.

Questo apparecchio è stato modificato rendendolo più pratico non solo, ma servibile nello stesso tempo a più individui.

Nella nuova forma prende il nome di *Zootropio*. Consiste in un cilindro di cartone che gira attorno ad un asse centrale, il cilindro è forato da una serie di fessure verticali equidistanti, a traverso le quali si possono vedere i disegni che si succedono sopra una striscia di carta adattata nell' interno dell'apparecchio in rotazione.

I disegni sono eseguiti come quelli del fenachistiscopio e non si ha che a guardare a traverso le fenditure.

Il *Praxinoscopio* differisce dal zootropio in questo che il cilindro di cartone è intero e nel mezzo vi è un prisma i cui lati sono tanti specchî in numero corrispondente alle fasi che rappresenta il disegno di un' azione. Facendo girare l'apparecchio, l'illusione del movimento, con sorprendente verità, si effettua negli specchî.

Un altro apparecchio di cui l'effetto è molto singolare è l'*Anartoscopio* di Plateau. Sopra uno dei due dischi paralleli, annerito, sono scolpite due fenditure diametrali ad angolo retto; nell'altro vi è il disegno di una figura con le dimensioni gradatamente ingrandite dal centro alla periferia. Al rotare dei due dischi oppostamente, l'occhio a certa distanza vede quella figura moltiplicata e regolare. A questa illusione non solo concorre la persistenza delle impressioni, ma anche la velocità diminuente dalla periferia al centro.

Le *ruote giranti di Faraday* sono due ruote di uguale diametro e di uguale numero di raggi, che girano sul medesimo asse oppostamente e con la stessa velocità; collocato l'occhio sul prolungamento dell' asse si vede una sola ruota col doppio numero di raggi. Inoltre sopra un disco di cartone si praticano due o tre ordini di aperture in giro di diverso numero; accostando l'occhio al disco, mentre gira intorno al suo asse, e guardandone la imagine in uno specchio, l'ordine dei fori attraverso cui si vede sembra immobile, gli altri girano lentamente.

Ci piace ancora ricordare un altro apparecchio di cui gli effetti sono davvero straordinarî. È la *trottola abbagliante*.

Si compone di una trottola metallica robusta, la quale viene messa in rotazione per mezzo di una funicella avvolta nella gola paticata attorno alla parte superiore del suo asse.

Si dispongono su di essa dei dischi, avvitati al centro, a colori variati e diametri diversi; questi dischi girano con la trottola, ma i loro colori si confondono e producono degli effetti svariatissimi. Si possono anche in apposita cavità, praticata nel suo asse, adattare dei lunghi cilindretti metallici, dritti o ricurvi, nei quali si sieno infilati dei cartoncini intagliati. Le illusioni che si provano con questa trottola sono di effetto bellissimo.

***

Facciamo un forellino in un cartoncino da visita ben resistente e collochiamolo a tre cen-

timetri dal nostro occhio. Poi guardiamo pel forellino una superficie molto illuminata, per esempio, il globo di una lampada, e facciamo passare uno spillo a mezza distanza fra l'occhio ed il cartoncino. Se lo spillo si muove da destra a sinistra, noi lo vediamo passare da sinistra a destra; ritirandolo adagio adagio vedremo la capocchia disegnarsi nell'apertura dalla parte opposta a quella nella quale si muove. In altre parole noi scorgiamo l' imagine capovolta dello spillo.

***

Molto sorprendente ancora è il *circolo stroboscopico* di Thompson, di cui ci piace ricordare quello che rappresenta un circolo nero, nell' interno del quale sono rappresentati un certo numero di denti equidistanti. Facendo girare il disco intorno al suo centro, il disegno apparirà di girare in senso contrario al moto reale.

Le illusioni si moltiplicano e riescono degne di ammirazione se si disegnano circoli eccentrici di cui i raggi sieno curvi e nello stesso verso, od anche un cerchio solo solcato da linee rette, equidistanti e parallele.

Non mi fermerò a dare la spiegazione di questi singolari fenomeni ottici; accennerò soltanto che si ammette nell'occhio una proprietà di *compensazione*, per la quale, dopo l' impressione, si avrebbe una sensazione inversa a quella reale.

E che l'occhio possa illudersi sino a farci credere un oggetto in moto, mentre è fisso, tra

l'altro sol perchè si sa che ciò che esso rappresenta è un oggetto vivente e quindi capace di movimento, lo mette in evidenza il seguente esperimento.

Disegnate sopra un biglietto da visita, poco lontani tra loro, alla vostra sinistra, una gabbia ed alla vostra destra un canarino, e dopo avere inalzato fra queste due figurine un tramezzo con altro biglietto da visita, avvicinatevi a questo sino a toccarlo quasi con la punta del naso; in quello che guardate fisso tutti e due i disegni, vedrete a poco a poco il canarino mettersi in moto e chiudersi nella gabbia.

***

Con la ipotesi sulla irradiazione, con quella sulla compensazione, col fatto della persistenza della imagine sulla retina, con la disposizione che ha l'occhio al colore complementare, e con altre proprietà non ancora bene studiate dell'occhio, noi andiamo soggetti a moltissime altre illusioni dipendenti dai colori.

Ne accenneremo qualcuna.

Si lascino arrivare su uno schermo due luci di diversa tinta, per esempio quella bianca del giorno e quella ranciata della fiamma della candela, e si ponga dinanzi allo schermo uno stiletto opaco. Le due ombre projettate sono l'una azzurra, l'altra aranciata.

Se dopo aver guardato per qualche tempo, per esempio, un disco rosso, fissate gli occhi sopra un fondo bianco, continuerete a vedere quel

disco, ma del suo colore complementare, che è il verde azzurro. Lo vedrete giallo se era violetto.

Se si applichi ad uno degli occhî un piccolo tubo di carta colorata trasparente, rischiarato fortemente da un lato, e tenendo i due occhî aperti, si guardi una superficie bianca, questa sembrerà tinta del colore complementare.

Se si dipinga su un fondo nero un ritratto di color bronzo con capelli e pupille bianche e denti neri, lo si vedrà coi colori ordinarî, quando dopo averlo per qualche tempo ben guardato si porteranno gli occhî sopra un fondo bianco.

Si usa dipingere delle figurine che danno, in tal modo guardandole, la bella illusione di aver cambiato colore degli abiti.

Si guardino attentamente due dischetti, uno violetto, l'altro aranciato, sopra un fondo nero; voltati poi di repente gli occhî sopra un fondo bianco, si vedranno tre dischetti, uno giallo, l'altro azzurro, che sono i colori complementari dei due primi, ed uno verde nel mezzo che si compone di entrambi.

Guardando fissamente un oggetto colorato sopra un fondo bianco, si vedrà cinto all'intorno di un'aureola del colore complementare. Se il disco è bianco sopra un fondo colorato, presenterà al suo contorno il colore complementare del fondo.

Disegnate una figurina bianca sopra un fondo nero, che abbia nel mezzo un punto nero, e fissate su di questo il vostro sguardo per una ventina di secondi e poi drizzatelo sopra una

parete bianca. L'effigie della figurina apparirà in nero su fondo bianco.

Si sa che se un oggetto bianco trovasi piazzato vicino ad un altro di colore oscuro, il primo impedirà di distinguere bene i particolari del secondo, il quale può ridursi ad essere invisibile se l'altro è fortemente illuminato.

Su questo fatto semplicissimo poggia quella illusione da baraccone, conosciuta col nome *la donna senza corpo*. Una intensa illuminazione si trova sulla bocca del teatrino coi riverberi volti verso gli spettatori, e l' interno ed il fondo sono perfettamente neri. In questa oscurità si distingue, con ogni accortezza ed arte fortemente illuminato, il mezzo busto di una donna vivente, poggiato sopra una semplice tavola tenuta sospesa da quattro cordoni. La tavola è libera di oscillare. Il fondo è reso ancora più oscuro dalle corde brillanti dell'altalena, da una catena metallica e da una spada che sono sospese sotto la tavola, non che da un fazzoletto bianco che sembra caduto a caso sul davanti della scena.

Il forte contrasto tra la luce e l'oscurità rende completa la illusione.

Ecco di che si tratta. La parte inferiore del busto che si vede è un pezzo di legno imbottito, sul quale si appoggia la parte alta del corpo della giovane, la quale è sdrajata quasi orizzontalmente sopra una tavola, che può oscillare. Tutta questa parte è nascosta da drappi di color nero disposti in guisa da non prendere luce in alcun punto.

*
* *

Conseguentemente alla formazione delle aureole accidentali, ne viene che due tinte vicine si influenzano reciprocamente e si alterano, così che non sono più quelle che appariscono quando sieno lontane fra loro. Per esempio, se si mettono l'una contigua all'altra due striscie di carta, una rossa e l'altra gialla, la prima apparirà violetta e la seconda alquanto verde.

Si trae partito nei fuochi d'artifizio per avere simili illusioni. Due luci, una rossa e l'altra bianca, projettate da una granata, la bianca apparirà di colore tendente al verdastro.

Si scriva una pagina con inchiostro rosso e poi si continui col nero; il nuovo scritto ci apparirà azzurro.

Si ricevano su un foglio di carta bianca dei raggi solari a traverso dei forellini praticati in un foglio di color rosso; si vedrà un fondo rosa tempestato da fondi azzurri.

Queste ed altre simili apparenze dovute al *contrasto simultaneo dei colori* sono ben note nell'arte dell'ornamentazione policroma e nella pittura.

Così, per esempio, la regola principale da osservare nella disposizione dei fiori in un *parterre* è di piazzare i fiori bleu a fianco dei fiori aranci, i fiori violetti a fianco di quelli gialli; in quanto ai fiori rossi e rosei, essi mostrano tutta la loro vivacità quando sono circondati da verzura e da fiori bianchi.

Per la toeletta di una signora di carnagione bianca, l'acconciatura più vantaggiosa è quella di color verde chiaro; il rosso colora in verde la pelle, specialmente se tende al porpora; l'arancio tinge in azzurro; il giallo in azzurro violetto. Il giallo conviene più alla pelle giallastra e meglio alle persone brune e di colore oscuro. Il bianco è fatto per le carnagioni fresche.

L'azzurro e le sue sfumature convengono al capello biondo; le acconciature azzurre, rosso-cupe o bianche convengono ai capelli rossi, e le gialle, rosse e rosa ai capelli neri.

Dai palchi dei teatri dovrebbero essere proscritte le tappezzerie di color rosso, che danno al volto un color olivastro, e sostituire invece le verdi o le azzurre.

È sempre per effetto del contrasto simultaneo dei colori, che la rappezzatura di un abito usato, con la stessa stoffa, ma nuova, spicca più di quello che non si vorrebbe.

Il colore delle cornici altera il tono di colore del quadro, e si sa che una cornice dorata fa tendere all'azzurrognolo un disegno bigio o nero.

Nell'acquisto di stoffe dello stesso colore, è bene, dopo averne osservate parecchie, far riposare l'occhio, per poi ricominciarne l'esame, se non si vuole incorrere nel falso giudizio di credere le successive non più dello stesso tono di colore.

Riferisce il Bellotti che Chevreul racconta che certi mercanti avendo dato ad imprimere in nero sopra alcune stoffe dei disegni, trovarono poi questi verdi sulle stoffe rosse, giallo-verda-

stri sulle violette e di un bruno arancio sulle azzurre; essi non volevano perciò accettare il lavoro, ma Chevreul stesso potè facilmente convincerli dell' errore ricoprendo il fondo e mostrando loro, eliminato ogni effetto di contrasto, i tre neri perfettamente tali e di più identici fra loro.

***

Non mancano altre illusioni che si spiegano mercè il così detto *contrasto successivo dei colori*.

Sopra una tavola dipinta in grigio collocate vicine due penne, l'una nera e l'altra bianca, e tenendo l'occhio sinistro chiuso, esponete il destro ai raggi del sole sotto un angolo presso a poco di 25 gradi.

Dopo qualche minuto di una così forte illuminazione, guardando le penne, la nera vi sembrerà rossa e la bianca di color smeraldo. Se poi guardate solo col sinistro, le penne appariranno col loro vero colore.

Un'altra singolare illusione ottica prodotta per effetto del contrasto simultaneo e successivo dei colori, visti ad una luce non stabile, è quella che fu osservata da Weatstone. Questo scienziato osservò che, fissando attentamente un tappeto formato da un piccolo disegno verde e rosso, e rischiarato dalla luce a gas, questo presentava l'apparenza di un movimento in tutte le figure del disegno. Si diede a questa illusione il nome di *cuori agitati*, perchè una delle figure del disegno aveva la forma di cuore.

*
* *

Non meno dilettevoli e sorprendenti sono le illusioni ottiche che si hanno a mezzo di specchî, sieno piani, sieno curvi.

Di un oggetto posto innanzi a due specchî piani formanti angolo fra loro, si hanno più imagini, di cui il numero aumenta col diminuire il valore dell'angolo. Se essi sono paralleli il numero delle imagini è infinito, come si può vedere nei caffè, nei saloni, ecc. Si noti pertanto che ad ogni riflessione verificandosi una perdita di luce, le imagini vanno via via perdendo di chiarezza fino a non essere più distinguibili.

Due specchî ad angolo retto danno tre imagini; se l'angolo è di 60 gradi le imagini sono cinque; sono sette se l'angolo è di 45 gradi.

Sulla proprietà degli specchî ad angolo fondasi il *Caleidoscopio* imaginato dal fisico Brewster. Risulta formato di un tubo di cartone o di metallo, nell'interno del quale sono fissati tre specchî tra loro inclinati, così da formare un prisma a sezione triangolare equilatera.

Ad una delle estremità del tubo si trovano dei piccoli frammenti di vetro di diverso colore, piazzati fra due pareti di vetro ordinario, di cui l'esterno è smerigliato. L'occhio applicato all'altra estremità del tubo vede in una specie di rosone la figura formata dai frammenti di vetro e dalle rispettive imagini. Scuotendo il tubo o facendolo ruotare sopra sè stesso, si modifica la disposizione dei vetri gli uni per rap-

porto agli altri e si può così far subire una infinità di trasformazioni alla figura regolare che essi formano con le loro imagini.

I disegnatori pei tessuti impressi si servono sovente di questo istrumento per trovarvi delle combinazioni e degli effetti.

Nell'ultima esposizione di Milano si ebbe la felice idea di costruire un immenso caleidoscopio, di cui ciascuno specchio era largo circa due metri e nel quale contemporaneamente potevano entrare, per un'apertura praticata nel pavimento, da cinque a sei persone. Si può imaginare quale illusione risultava; quelle poche persone in moto davano l'aspetto d'una folla tumultuosa.

Cassa catottrica. — Si usano tre o più specchî da formare un prisma. Ordinariamente il prisma si piazza verticalmente e la base superiore è chiusa da una lamina di vetro spolito. Si guarda nell' interno della cassa a mezzo di piccole aperture praticate nell'alto di ciascun specchio e si vedono gli oggetti piazzati nell'interno, riprodotti un grandissimo numero di volte in uno spazio più grande di quello che occupa l' istrumento, ed egualmente in uno spazio infinito quando vi sono due specchî opposti e paralleli. A mezzo di una cassa di sei specchî, in cui si dispongono dei piccoli modelli d'alberi, dei bastimenti o dei soldati, si vede per riflessioni multiple una immensa foresta, una flotta innumerevole, o tutto un esercito, occupanti uno spazio che sorpassa enormemente l'estensione della cassa.

Cannocchiale magico. — Due colonnine opache e vuote, unite inferiormente da un tubo, portano superiormente nella stessa direzione ciascuna un tubo, così come se fossero due frammenti di un cannocchiale tagliato a metà. Le colonnine internamente in alto ed in basso, negli angoli d'innestamento con i tre tubi complessivi, portano degli specchî inclinati a 45 gradi e disposti così con le loro faccie riflettenti, che un raggio luminoso entrando per uno dei tubi esce dall'altro riflesso successivamente dai detti specchî. È chiaro così, per il cammino interno percorso dal raggio, che un oggetto situato dinanzi ad uno dei due tubi si vede benissimo guardando dall'altro, malgrado che esternamente, nel loro interstizio, si frapponga un corpo opaco.

Non ha molto ho avuto l'occasione di vedere un saltimbanco camuffato da vecchio soldato che raccontava, non so in quale guerra, come una palla di cannone gli avesse forato il corpo da parte a parte, e, strano a dirsi, la ferita si era rimarginata lasciando libera la via seguita dalla palla, ed invitava gl' increduli, sfibbiandosi il panciotto, a spiare nella ferita.. infatti si distinguevano bene al di là le case e gli individui che passavano! Aveva bene adattato intorno al suo corpo un cannocchiale magico.

La testa parlante. — Fra i piedi di una tavola triangolare ci sono due specchî con la parte riflettente in avanti, tra i quali è nascosto un uomo di cui il solo capo resta in fuori sul tavolo. Tutto è disposto in una saletta ove lo spettatore non possa entrare. Gli specchî

così disposti riflettendo le pareti laterali fanno credere di vedere quella che è in fondo. È indispensabile, per la riuscita della illusione, che i tre muri sieno coperti da un colore omogeneo

Il busto isolato. — Questa illusione è meravigliosa. Il vano del teatro è diviso in due parti uguali da uno specchio inclinato dall'avanti all'indietro con la parte riflettente in alto.

Esso tiene un'apertura quasi nel suo centro, a traverso la quale passa la parte superiore del corpo dell'attore. Lo spettatore crede di vedere direttamente il pavimento ed il fondo della scena, mentre non vede che la riflessione del soffitto nello specchio e per dippiù, come campato nell'aria, un mezzo busto bianco vestito e vivente.

Armadio magico. — È un armadio comune, solo che nel mezzo ed in avanti si vede, per lungo, una semplicissima sbarra di legno sulla quale si appoggiano i due battenti quando sono chiusi. Internamente su i fianchi laterali vi sono due specchî con la parte riflettente volta verso i fianchi stessi e girevoli come due porte lungo i due spigoli interni dell'armadio. La parte posteriore degli specchî e tutto l'interno dell'armadio sono dipinti in nero perfetto. Un individuo entrato nell'armadio e dopo chiusi i battenti tira a sè i due specchî, che vanno ad appoggiare sulla sbarra di mezzo. Riaperti i battenti l'uomo non si vede più e l'armadio mostra niente di cangiato, stantechè lo spettatore vede riflesse in quegli specchî le parti laterali interne, che gli danno l'apparenza del fondo dell'armadio.

Stereoscopio a riflessione. — Questo apparecchio poggia sul fatto dell' influenza dei due occhî nell' apprezzamento del rilievo dei corpi. Se si prendono due disegni dello stesso oggetto, l'uno rappresentandolo come lo si vede con l'occhio destro, l'altro come lo si vede con l'occhio sinistro, e li si dispongono così che quello di destra sia visto solamente dall' occhio destro e quello di sinistra dall' occhio sinistro, appariranno sovrapposti.

Si soddisfa questa condizione piazzando i disegni su due tavolette verticali parallele, tra le quali sieno disposti due specchî piani, formando fra loro un angolo di 90°, di cui le faccie esterne sieno le riflettenti ed il loro incontro rivolto verso lo spettatore. In avanti alla costola vi è un diaframma con due fori per gli occhî ed una intaccatura per dar passaggio al naso. Guardando a traverso questi fori si ha l' illusione di vedere un sol disegno ed in rilievo. Le imagini essendo negli specchî simmetriche ai disegni, bisogna piazzar questi nelle tavolette, così che il sinistro corrisponda all' occhio destro ed il destro all' occhio sinistro.

Se non si ha quest' accortezza, invece di vedere il disegno in rilievo, lo si vedrà in incavo. Questa illusione, però, non sempre si verifica e nè totalmente. dipendendo da certe particolarità del disegno. Un tronco di cono, p. e., sembra un vaso di cui si vede l' interno.

***

Le lastre di cristallo, non amalgamate, danno

anche esse delle imagini nette quando si trovano nell' oscurità e l' oggetto è fortemente rischiarato. Si procurano in tal modo delle esperienze, che suscitano non poco la curiosità pubblica. Le illusioni che producono sono sorprendenti. Ne accenneremo qualcuna.

Gli spettri. — Accade non di rado guardando nell' interno di un negozio chiuso con grandi lastre di vetro, vedere riprodotta nell' interno del magazzino l'imagine delle persone che passano di fuori. Queste imagini, generalmente poco sensibili ed a contorni incerti, sembrano camminare fra le persone che trovansi nel magazzino e traversarle. La spiegazione dell' apparizione degli spettri in teatro sta tutta in questo fatto; l' imagine delle persone è data dalla superficie del vetro, senza che questa riflessione tolga di vedere per trasparenza le persone che trovansi nell' interno. Ma perchè queste imagini riescano spiccate e chiare, fa mestieri che i soggetti riflessi sieno molto illuminati e che gli altri, in mezzo ai quali si fanno, lo sieno poco.

Sul teatro, dietro al sipario, viene collocata una grande lastra di vetro semplice, inclinata dall' avanti all' indietro per 45 gradi e che si cela agli spettatori con speciali artifizî. Sotto il palcoscenico, ma davanti alla lastra, si pone il personaggio che deve sostenere la parte di spettro; esso viene fortemente illuminato da una lanterna situata sotto il palco, e viene riflesso dalla superficie del vetro, il quale ne manda l'imagine sulla scena in mezzo agli attori.

Per fare scomparire lo spettro, basta cessare di illuminarlo; rischiarandolo di nuovo, ricomparisce.

Si trae partito di questi effetti per produrre sulle scene un meraviglioso strano e terribile.

Conosciuto il meccanismo della illusione degli spettri, si spiega facilmente il *decapitato parlante*, che tiene la testa viva nelle mani, sospesa pei capelli; la *donna con tre teste. l'uomo con quattro gambe* e via dicendo.

Un' altra illusione attraente e dilettevole da eccitare vivamente la curiosità del pubblico è l'*Anfitrite.*

Vi ha la lastra di vetro come per gli spettri; il fondo della scena rappresenta il cielo e la parte inferiore il mare. Il personaggio che deve raffigurare Anfitrite, vestito da dea del mare e fortemente illuminato, si trova adagiato sopra una piattaforma circolare dipinta in nero, mobile intorno ad un asse verticale, mediante una corda. La metà di questa piattaforma soltanto viene riflessa nella lastra di vetro.

Quando è messa in moto, ad ogni giro lo spettatore vede come uscire dalle onde una ninfa che si solleva sopra le acque, senza che nulla di visibile la sostenga, e dopo aver descritto un arco nel cielo si rituffa nel mare.

Accenneremo ancora ad un' altra illusione degna di essere menzionata; le *metempsicosi.*

Gli spettri in questa specie di illusioni sono dissolventi, cioè si trasformano sotto gli occhi degli spettatori. Ciò si ottiene disponendo la lastra di vetro così da permettere che un go-

getto possa essere visto direttamente ed un altro, nascosto al pubblico, possa essere visto per riflessione, illuminando gradatamente l'uno o l'altro.

L'imagine del meno rischiarato scompare per lasciare il posto, nel medesimo punto, a quella dell'oggetto che riceve in quell'istante tutta la luce.

***

Le superficie curve levigate, atte a riflettere la luce, si dicono *specchi curvi* e si distinguono in *sferici*, *cilindrici*, *conici*, ecc., a seconda la forma che assumono. Una porzione della superficie di un globo più o meno grande, se riflette la luce dalla parte interna è uno specchio *concavo*; se dalla parte esterna *convesso*. Quegli specchî nei quali mirandosi da presso ingrandiscono la nostra faccia, e perciò riescono opportuni per meglio raderci la barba, sono concavi. Guardandovi in uno di essi, mettendovi però ad una certa distanza, vedrete la vostra imagine impicciolita, capovolta e fuori di esso. Rivolgete questo specchio ai raggi solari ed avvicinate od allontanate da esso un pezzo di carta, meglio di vetro smerigliato, sino a che su di esso si formi un cerchietto abbastanza nitido e luminoso; questo punto si chiama *foco principale*. Quivi un pezzo di esca prende fuoco.

***

Avvalendosi delle proprietà accennate, dinanzi ad uno specchio concavo, ad una distanza da

questo poco più del foco principale, piazzate un piedistallo dipinto in nero e dietro di questo sospendete, capovolta, una statuetta o un mazzo di fiori pur capovolto, bene illuminati. Guardando opportunamente da una certa distanza il piedistallo, vedrete, come per incanto, l'oggetto sospeso, dritto su di esso.

Un'altra sorprendente illusione si ha presentando allo specchio concavo, a tale distanza da avere l'imagine capovolta, una bottiglia a metà piena d'acqua; vi sembrerà come se l'acqua occupasse il collo e parte superiore della bottiglia. Siffatta illusione dipende dalla impressione che noi abbiamo dalla parte più lucente della bottiglia, che corrisponde dove non vi è acqua. È tanto vero ciò, che la illusione svanisce se invece dell'acqua usiamo un liquido colorato.

Capovolgiamo la bottiglia con acqua, così da permettere l'uscita di questa. L'imagine aerea ci farà assistere ad un zampillo dal basso in alto, non solo, ma, cosa più sorprendente, l'acqua che ci sembrerà raccolta verso il fondo, a misura che lo zampillo vien fuori, pare vada, invece di diminuire semprepiù, riempiendo la bottiglia.

Se tenendo la bottiglia capovolta, qualche stilla d'acqua cada dal fondo sulla parte piena, sembrerà che si formi nella bottiglia una bolla d'aria che monta.

L'illusione riesce più completa se la bottiglia invece di essere di vetro bianco è di quello verdastro.

Non pochi tra voi avranno certamente riso

vedendo così stranamente deformata la loro imagine dinanzi a certi specchî. Sono questi la parte convessa di una porzione di cilindro e perciò detti *specchî cilindrici*. La deformità nasce dalla diversa loro curvatura rispetto alla direzione; perciò si scorge in essi una imagine allungata o schiacciata, secondo che esso è collocato per il lungo o per traverso.

Disegnando una figura deformata in rapporto alla curvatura dello specchio con date indicazioni geometriche, ed adattandola convenientemente e rispetto allo specchio e rispetto all'occhio, la si vedrà regolare. Lo stesso risultato si ottiene con uno specchio conico.

A questo genere di disegni si dà il nome di *anamorfosi*.

***

Un'altra quantita di illusioni ottiche si hanno pel fatto del passaggio di un raggio luminoso a traverso corpi trasparenti. In tali condizioni il raggio luminoso giunto alla superficie di separazione dei due corpi, che in ottica si chiamano *mezzi*, come, per esempio, l'acqua e l'aria, devia dalla sua direzione.

Questo fenomeno si chiama *rifrazione*.

Il vedere ingranditi i pesci, le frutta ed altri oggetti tenuti in recipienti di cristallo con acqua, l'osservare il remo spezzato, il credere il fondo del mare più sollevato di quello che sia realmente dipende, appunto, dalla rifraz one della luce.

Il fondo piano di un bacino pieno d' acqua sembra più vicino alla superficie di livello.

La profondità delle sua imagine è circa $^3/_4$ della vera, cioè che essa apparirà, per esempio, di 90 centimetri quando effettivamente sia di m. 1,20. Ecco perchè tirando un colpo di fucile ad un pesce non lo si colpisce.

Se invece si guardi un oggetto attaccato alla superficie posteriore di un vetro della spessezza, per esempio, di m. 0,30, lo si vede circa a m. 0,20 di questo spessore per la ragione che nel vetro la profondità dell'imagine è $^2/_3$ della reale.

Ponete una moneta in un tondino da caffè, che solleverete man mano fino a non vederla più; allora versando acqua nel tondino essa ricomparirà.

Devesi ancora alla rifrazione il credere gli astri più elevati dall' orizzonte di quello che nol sieno.

La nostra atmosfera va diminuendo di densità dal basso in alto, e perciò un raggio luminoso entrando in essa si piega gradatamente in quello che incontra maggiore densità; e finisce, nel tutto assieme, che la via percorsa è una curva con la sua convessità rivolta in alto; e l'occhio dell'osservatore guardando secondo l'ultimo elemento di questa curva, che lo colpisce, crederà l'astro più alto di quello che sia realmente.

Il fenomeno della *rifrazione atmosferica* è più marcato quando l'astro è più presso l'orizzonte.

Quante volte, per effetto di rifrazione atmosferica, si è creduto dai naviganti polari imprigionati in quei ghiacci, durante le notti eterne, spuntare il sole all'orizzonte!

È per siffatta rifrazione che le stelle circumpolari sembrano più vicine al polo al loro passaggio al meridiano inferiore che al loro passaggio al meridiano superiore; che le costellazioni, la luna, il sole sembrano allungati nel senso verticale quando si trovano presso all'orizzonte.

Ai tempi dell'astronomo greco Ipparco, durante una ecclisse totale di luna, questa ed il sole apparivano tutti e due sull'orizzonte. Una tale posizione reale riguardo all'orizzonte dell'osservatore non è possibile, perchè i centri dei due astri e quello della terra devono trovarsi in linea retta.

La stessa illusione si verificò a Parigi nel 1750 ed altre posteriormente.

Il colore rossastro che illumina il disco lunare durante una ecclissi è dovuto ai raggi solari piegati nell'atmosfera della terra e penetranti nel cono d'ombra che essa projetta.

Devesi alla rifrazione dei raggi luminosi nell'aria irregolarmente dilatata e mossa, il movimento apparente degli oggetti visti dietro una superficie fortemente riscaldata, come quella di una stufa.

Nei nostri climi la rifrazione atmosferica fa apparire il sole tutto intero prima che il suo bordo superiore appaja sull'orizzonte; come resta ancora sull'orizzonte per qualche istante dopo il suo tramonto. In tal modo la durata del giorno viene ad essere aumentata e quella della notte diminuita.

Devesi a siffatta rifrazione l'aurora ed il crepuscolo.

Su i vasti piani esposti ai cocenti raggi del sole, non è raro che questo astro appaja all'orizzonte deformato ed appiattito ed alle volte come diviso in tanti pezzi.

Non è raro il caso, in certe date circostanze, vedere gli oggetti terrestri piazzati presso all'orizzonte, spostati o in alto o dritti.

Gli esempî di apparizione di città aeree, d'armate e di vere battaglie in aria, che si trovano negli scritti del medioevo, si spiegano appunto con la rifrazione atmosferica.

Nel 1835 in Inghilterra per più giorni consecutivi ed alla stessa ora, sempre in mezzo ad un'aria carica di vapore acqueo, fu visto distintamente uno squadrone di cavalleria che andava ora al trotto, ora alla corsa.

***

Il raggio luminoso che passi da un mezzo più denso ad uno meno denso non sempre emerge; oltre un certo limite di obliquità il raggio giunto alla superficie di separazione dei due mezzi torna indietro riflettendosi. Questo fenomeno si dice *riflessione totale*.

Empite d'acqua un bicchiere ed elevatelo così da guardare, di sotto in sopra la superficie del liquido, un oggetto vivamente illuminato, che stia al di là del bicchiere; si vedrà l'oggetto riflesso da quella superficie come da un forbitissimo specchio.

Se si immerge una provettina da saggio nell'acqua, essa appare, a chi la guardi dall'alto, splendente come se contenesse mercurio.

Le bolle d'aria nell'acqua splendono come perle; le fessure nel vetro appajono dei fili di mercurio.

L'interno dei pezzi di vetro faccettati dei lampadari splendono vivamente per effetto della riflessione totale.

Pare che debbasi a questo fenomeno la bianchezza della schiuma, della neve, del vetro pesto.

È bella la illusione che si prova da chi guarda dal fondo del mare la superficie libera dell'acqua; egli vede in alto riflessi gli oggetti, che ad una certa distanza da lui si trovano sul fondo.

Guardando in un acquario, non pochi oggetti collocati nell'acqua si vedono per riflessione totale, in alto e capovolti.

Le *fontane luminose* nei teatri sono un'applicazione di questo fenomeno. Quando vien fuori da un cannello applicato alla parte inferiore di un vaso un getto liquido, questo descrive una curva detta parabola; limpida e tranquilla all'uscita, perde la sua trasparenza poco dopo. Se si concentra sull'orifizio di scolo, attraverso la massa d'acqua, un fascio di luce intensa, questa incontra il liquido sotto una inclinazione tale da subire la riflessione totale nella vena liquida, e seguendone la curva le dà l'apparenza di un getto di fuoco.

Alle volte la luce, per effetto della rifrazione e della riflessione totale, genera delle apparenze fantastiche, come si scorge in quel fenomeno detto *miraggio*, pel quale il suolo di un piano

arido e bruciante sembra trasformato in un vasto lago in cui si riflettono gli oggetti che si trovano piazzati all'orizzonte. Il viaggiatore che cerca approsimarsi a quella riva, la vede fuggire costantemente innanzi a lui. Vittima di questa tormentosa illusione fu l'esercito francese nella campagna egiziana nel 1798.

Ecco come la si spiega. Quando l'aria è molto calma, il calore solare modifica la sua omogeneità in una maniera tutta speciale; le falde inferiori, direttamente riscaldate dal suolo, restano allora in una immobilità apparente e la loro densità va crescendo con le falde d'aria superiori, che sono meno calde. Si stabilisce in tal modo una specie di equilibrio instabile, reso permanente dall'azione continua della causa che lo produce. Un raggio luminoso attraversando obliquamente simili mezzi, proverà, per rifrazione, una serie di deviazioni, che di grado in grado assumono la forma di una linea curva con la concavità verso l'alto. Continuando così il raggio a rifrangersi incontrerà presso il suolo delle falde d'aria sotto una tale incidenza da subire la riflessione totale. L'occhio dell'osservatore, guardando secondo l'ultimo elemento di questo raggio che lo colpisce, distinguerà il corpo luminoso direttamente a traverso una falda d'aria orizzontale e sensibilmente omogenea, e la sua imagine simmetrica e capovolta come riflessa nel suolo.

Il miraggio si produce anche sul mare, quando l'aria più fredda dell'acqua si trova in una calma perfetta; le rive, i bastimenti e spesso

anche i piccoli oggetti si vedono sospesi in alto e capovolti.

Nei mari della Groenlandia il figlio di Scoresby, essendo stato da una tempesta separato dal bastimento *la Fama*, comandato da suo padre, distinse nell'aria l'imagine rovesciata del bastimento stesso, con tale precisione da riconoscerlo. Esso era molto lontano e nascosto dalla curvatura del mare.

Molto rinomato è quel miraggio conosciuto col nome di *Fata morgana*, che si verifica, in determinate stagioni, tra Reggio e Messina.

Non mancano dei miraggi laterali.

***

Tra le illusioni ottiche, che si hanno dalle lenti, ricordiamo quella che si prova guardando per esempio uno scritto con una lente convergente. Lo si vedrà ingrandito e noi lo giudichiamo più vicino alla lente; invece ne è più lontano.

L'opposto avviene guardandolo con una lente divergente; l'imagine ci sembrerà più piccola e più lontana; invece è più vicina.

Queste illusioni nascono dall'abitudine di giudicare grandi gli oggetti più vicini a noi, e piccoli i più lontani; ed abbenchè guardassimo l'oggetto con una lente, non pertanto giudicheremmo come ad occhio nudo.

***

Molto popolare è lo *stereoscopio a rifrazione* di Brewster, il solo che oggi va per le mani

di tutti, a differenza di quello a riflessione di cui parlammo, che andò presto dimenticato.

Lo scopo è lo stesso, ma l'effetto è più sorprendente. Le due figurine, ottenute nelle condizioni che sappiamo, sono collocate, come separatamente vedute da ciascun occhio, al fondo di una cassetta, divisa questa in due da uno scompartimento, e guardate dall'altro capo a traverso due prismi, o meglio da due metà di una stessa lente convergente, piazzate così che i bordi sottili si tengono di rimpetto.

Guardando con un sol occhio nell'una o nell'altra lente, si ha sempre una certa sensazione del rilievo, ed è sorprendente il fatto che se in quello che si guarda con un sol occhio si apra l'altro, si avverte una specie di movimento nell'imagine e subito dopo la illusione del rilievo apparisce fissa e ben distinta.

Guardando nello stereoscopio due biglietti di banca dello stesso taglio e dello stesso tipo, eguali perfettamente in tutto, si vedranno i disegni e le lettere sovrapposti e nello stesso piano; ma se uno dei biglietti fosse falso, allora i disegni e le lettere come più rilevanti, si vedranno altre in avanti ed altre indietro. La ragione è che non è possibile, nella falsificazione, tenere le stessissime distanze che presentano i disegni dei biglietti veri.

Un noto fisico francese, in un modo abbastanza curioso, potè projettare su uno schermaglio l'illusione del rilievo dato dallo stereoscopio per rifrazione. Se si prendono due imagini stereoscopiche trasparenti e si mettono in

una lanterna di projezione, in guisa da poter sovrapporle sullo schermo, si ottiene una imagine unica. Essa sarà sempre un po' fiacca, perché la sovrapposizione non si può fare esattamente, non essendo la prospettiva per entrambe la medesima.

Si tratta ora di far vedere ad ogni occhio quella delle due imagini che gli conviene. A tal fine si dispone nella lanterna davanti all'imagine, con la prospettiva dell'occhio destro, un vetro colorato in bleu verdastro e davanti all'altra imagine un vetro colorato in rosso. Siccome il bleu verdastro ed il rosso sono colori complementari, il risultato sopra lo schermo non viene mutato, si ha un po' meno di luce e nulla più. Ora se in quel momento lo spettatore inforca un pajo di occhiali costrutti così che dinanzi all'occhio destro vi sia un vetro bleu verdastro ed uno rosso dinanzi al sinistro, esso si troverà nelle condizioni volute per realizzare l'effetto ricercato; ogni occhio vedrà solo l'imagine corrispondente alla colorazione scelta, e siccome è precisamente quella che ha la prospettiva a lui opportuna, il rilievo appare immediatamente. L'effetto è sorprendente.

Inforcando gli occhiali alla rovescia si avrebbe uno stranissimo effetto di projezione rovesciata.

Recentemente Ducos è riuscito ad ottenere lo stesso effetto senza avvalersi di projezioni, sibbene di imagini stereoscopiche impresse ed esaminate con un occhialino di due vetri differentemente colorati.

S' imprime sopra un foglio di carta, sovrap-

ponendogli, due rappresentazioni di uno stesso soggetto, l'una in rosso corrispondente alla prospettiva dell'occhio destro, l'altra in bleu verdastro corrispondente alla prospettiva dell'occhio sinistro.

Ciascuna di queste tinte è scelta in modo che l'uno dei vetri dell'occhialino che servirà ad esaminarla dovrà lasciarla passare integralmente, ad eccezione completa dell'altra.

In questo modo ciascun occhio percepirà esclusivamente una imagine differente, e, per un movimento fisiologico ed istintivo dell'organo della vista, le due imagini si confonderanno in una sola.

È inutile fare osservare che il colore della figura sovrapposta dev'essere trasparentissimo.

A prima vista queste due imagini si confondono, non presentando all'occhio che un assieme informe di linee e dei due colori; ma guardandolo con l'occhialino, mettendo il vetro rosso davanti l'occhio sinistro ed il vetro bleu verdastro davanti l'altro occhio, immediatamente l'aspetto cambia e l'effetto stereoscopico si produce.

A questa imagine stereoscopica l'autore ha dato il nome di *anaglifa*.

Con un ordigno speciale, mosso dalla corrente elettrica, si fa scorrere con una velocità determinata, alla distanza visiva delle lenti, come quelle di uno stereoscopio, una zona senza fine di carta molto trasparente (celluloide), su cui si sieno fotografate delle figure identiche a quelle pel cinematografo da tasca, di cui parlammo, e si illuminano fortemente.

Si prova, nel guardare, nello stesso tempo la illusione del rilievo e quella del movimento di cui l'effetto è di una verità tale da presentare una scena reale. È questo il ben noto *cinematografo Edison*. Lumiere, con mezzi ottici, ne ha projettate le imagini, abbastanza ingrandite, su uno schermo, in modo da renderle visibili contemporaneamente a moltissime persone.

Anche il *praxinoscopio* è modificato così da projettare ingrandite le imagini su uno schermo.

Lo stesso dicasi del *tachiscopio*.

La *lanterna magica*, il *megascopio*, il *diorama*, il *poliorama dissolvente*, la *fantasmagoria*, lo *scioplicon*, il *verascopio*, l'*ectyposcopo* ed altri apparecchî di simil genere, fondati su combinazioni di lenti e di prismi, e per taluni anche di specchî, hanno per scopo di dare delle imagini ingrandite di bellissimo effetto, di disegni e di oggetti opachi, sia per studio, sia per diletto.

D. S.

LA BIBLIOTECA DEL POPOLO

è sorta col programma preciso di offrire al pubblico la volgarizzazione delle diverse dottrine e discipline scientifiche. L'intiera collezione dei suoi volumetti, che va sempre accrescendosi, costituisce, si può dire, una *Enciclopedia*, così per gli studiosi, come per i profani. Ogni volumetto forma un trattatello a sè, scritto con chiarezza, un sunto completo d'una determinata disciplina scientifica o industriale. Di qui l'immenso successo della Biblioteca, i cui volumi presentano il vantaggio di esser messi in vendita a **15 centesimi**, una cifra che è accessibile a tutte le borse. Le arti usuali, le scienze fisiche e matematiche, la chimica, l'astronomia, l'igiene, la medicina, l'economia politica, la sociologia l'antropologia, le discipline filosofiche, le moderne teorie naturalistiche, la letteratura, l'arte, lo sport, ecc., ecc., sono, per dir così, rappresentate nella *Biblioteca del Popolo* e svolte in altrettante serie di opuscoli, la cui lettura riesce utile, facile e dilettevole ad ogni persona.

Ultimi volumi pubblicati:

369. Storia della letteratura giapponese.
370. L'Egitto antico.
371. Composizione e correzione delle bozze.
372. Igiene delle carni alimentari.
373. Compendio di letteratura russa.
374. Elementi di geometria descrittiva.
375. Nozioni elementari di medicina legale.
376. Risoluzione delle equazioni di I e II grado.
377. La vita dei batteri.
378. Manuale del ciclista.
379. Apparecchi da projezioni e loro struttura.
380. Frasario d'affari italiano-inglese.
381. La teoria atomica.
382. Formulario di Chimica inorganica — Parte I.
383. Idem. — Parte II.
384. Guida pratica degli apparecchi da projezioni
385.
386. gu… sec…
387.
388.
389. an…
390.
391.
392. Antropologia crimin.
393. La conquista delle Regioni Aeree.
394. Storia della Letteratura Francese Contemporanea.
395. Brevetti e Privative in Italia ed all'Estero.
396. Lavoro Teneriffa. — Pizzi di Bruges o Duchesse.
397. Giurispr. veterinaria.
398. Elementi di stereometria.
399. Storia e Antologia della Poesia Sud-Americana.
400. Manuale per i Notai.
401. Il giuoco del biliardo (La Carambola).
402. Storia dell'America del Sud.
403. La macchina dinamo-elettrica.
404. La musica in Oriente.
405. Le Epilessie.
406. Letteratura Spagnola.
407. Formulario Notarile.
414. Giuochi diversi.
415 e 416. L'erbario.
417. L'allievo Capomastro-Costruttore.
418. Nozioni di chimica organica.
419 e 420. Rimedi nuovi.
421. Lavori in pagliette e in perline.
422. Prospetto di tutte le coniugazioni francesi.
423. Embriologia dell'uomo e dei vertebrati.
424. Istituzioni di diritto civile.
425. Corrispondenza commerciale spagnuola-italiana.
426. Il soprannaturale.
427. *Giosuè Carducci.*
428. Geometria descrittiva. Linee e corpi terminati da superficie curve.
429 e 430. Pratica del canto in chiave di *Sol*.

…nvia elettrica
…zione del ca…
…renziale coll…
…ei massimi
…tamento. St…
…ua validità.
…tto Penale.
…cchina a v…

Prezzo di ciascun volumetto, nel Regno, **Cent. 15.**